

МАНЕВРИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАБЛЮДЕНИЯ ЛОКАЛЬНОГО РАЙОНА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

Н. Ф. АВЕРКИЕВ, С. А. ВЛАСОВ, В. В. САЛОВ, В. В. КИСЕЛЕВ

*Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского, 197198, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: kiselev24.07.86@mail.ru*

Рассматривается задача маневрирования космическим аппаратом (КА) для изменения орбиты с целью увеличения числа прохождения КА через заданный локальный район поверхности Земли. Получены условия дополнительного обзора района и алгоритм нахождения параметров орбит КА, при движении по которым обеспечивается улучшение характеристик наблюдения. Для приведенного примера получены параметры орбиты с помощью представленных зависимостей, а также оценены затраты на маневр КА.

Ключевые слова: квазисинхронные орбиты, ширина полосы обзора на широте, маневр космического аппарата

При мониторинге стихийного бедствия или иной чрезвычайной ситуации на поверхности Земли (разлив нефтепродуктов, развитие речных наводнений и их последствия) в ряде случаев требуется увеличение частоты обновления информации об обстановке в заданном районе, что позволит своевременно реагировать на ее изменения и оперативно принимать обоснованные решения.

Увеличение числа пролетов космического аппарата (КА) над интересующим районом позволяет чаще обновлять информацию о районе, то есть получить от бортовой аппаратуры дополнительные данные о требуемых объектах или районах поверхности Земли.

Рассмотрим возможности дополнительного прохождения КА над заданным районом за счет соответствующего выбора орбиты КА.

Проанализируем возможности наблюдения района, используя понятие „полоса обзора“ (ПО) КА. ПО образуется совокупностью геометрических мест мгновенных зон обзора, такую зону характеризуют геоцентрическим углом φ_3 на поверхности шарообразной Земли [1—6]. В качестве характеристики ширины ПО на широте $\Delta\lambda_\psi$ используется угол между меридианами, проходящими через крайние точки ПО на широте ψ .

Ширина ПО для КА, движущегося по круговым орбитам с наклоном i на широте для случая $\psi \in [0, i - \varphi_3)$ равна $\Delta\lambda_\psi = \lambda_\Pi - \lambda_\Delta$, где λ_Π — долгота правой границы ПО на широте ψ ,

$$\lambda_\Pi = \max_{u \in [u_n, u_b]} \left(\lambda + \Delta\lambda - u \frac{T_\Omega}{T_{\text{эф}}} \right); \quad \lambda_\Delta \text{ — долгота левой границы ПО на широте } \psi,$$

$$\lambda_\Delta = \min_{u \in [u_n, u_b]} \left(\lambda - \Delta\lambda - u \frac{T_\Omega}{T_{\text{эф}}} \right).$$

$$\text{При } \psi \in [i - \varphi_3, i + \varphi_3] \text{ получим } \Delta\lambda_\psi = \pi - \frac{\Delta\lambda_M}{2} - 2\lambda_\Delta, \text{ где } \lambda_\Delta = \min_{u \in [u_n, \frac{\pi}{2}]} \left(\lambda - \Delta\lambda - u \frac{T_\Omega}{T_{\text{эф}}} \right);$$

$$T_\Omega \text{ — драконический период обращения; } T_{\text{эф}} \text{ — эффективные сутки, } T_{\text{эф}} = \frac{2\pi}{\omega_3 - \Omega};$$

$\omega_3 = 7,29 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$ — угловая скорость вращения Земли; $\dot{\Omega}$ — угловая скорость прецессии восходящего узла орбиты, обусловленная влиянием нецентральности гравитационного поля Земли, которая приближенно может быть определена по формуле $\dot{\Omega} = \frac{3\pi}{T_{\Omega}} \frac{\pi_2}{\mu p^2} \cos i$, $\mu = 398600,44 \text{ км}^3/\text{с}^2$, $\pi_2 = -1,7555 \cdot 10^{10} \text{ км}^5/\text{с}^2$; u_{H} и $u_{\text{В}}$ — аргумент широты КА, при котором зона обзора касается нижней и верхней широты, $u \in [u_{\text{H}}, u_{\text{В}}]$; $\Delta\lambda_{\text{M}}$ — межвитковое расстояние, $\Delta\lambda_{\text{M}} = 2\pi \frac{T_{\Omega}}{T_{\text{эф}}}$.

Для получения λ , $\Delta\lambda$, u_{H} , $u_{\text{В}}$, ψ' используют формулы:

$$\sin \lambda = \frac{\cos i \sin u}{\cos \psi'}, \quad \cos \lambda = \frac{\cos u}{\cos \psi'}, \quad \cos \Delta\lambda = \frac{\cos \varphi_3 - \sin \psi \sin \psi'}{\cos \psi \cos \psi'}, \quad \sin u_{\text{H}} = \frac{\sin(\psi - \varphi_3)}{\sin i},$$

$$\sin u_{\text{В}} = \frac{\sin(\psi + \varphi_3)}{\sin i}, \quad \sin \psi' = \sin i \sin u,$$

где ψ' — значение широты, на которой пребывает КА в момент, когда он находится на орбите в точке с аргументом широты u .

Рассмотрим случай, когда ПО не накрывает полюса и экватор $i \in \left(\varphi_3, \frac{\pi}{2} - \varphi_3 \right)$. Вид зависимости угла $\Delta\lambda_{\psi}$ от широты представлен на рис. 1 [2, 3], здесь $\Delta\lambda_3$ — ширина ПО на экваторе.

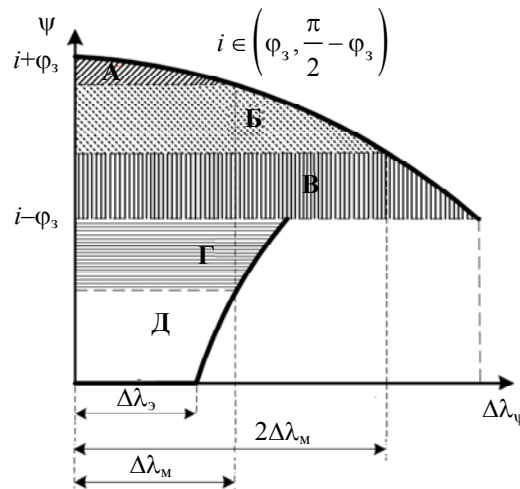


Рис. 1

При $\psi = i - \varphi_3$ значение $\Delta\lambda_{\psi}$ удваивается вследствие того, что наблюдение этой широты, как и других, лежащих в пределах ПО $\psi \geq i - \varphi_3$, выполняется без разрыва во времени на восходящей и нисходящей ветвях траектории.

Рассмотрим две области значений ширины ПО на широте (см. рис. 1):

- 1) $i - \varphi_3 \leq \psi < i + \varphi_3$;
- 2) $\psi < i - \varphi_3$.

Для первой области при $\Delta\lambda_{\psi} \geq \Delta\lambda_{\text{M}}$ гарантировано прохождение КА широтного пояса не менее одного раза в сутки (области Б, В). При $\Delta\lambda_{\psi} \geq 2\Delta\lambda_{\text{M}}$ обеспечивается не менее двух

пролетов подряд в сутки (область В). Для второй области при $\Delta\lambda_\psi \geq \Delta\lambda_m$ обеспечивается прохождение КА в восходящем и нисходящем узлах не менее одного раза в сутки (область Г).

Для увеличения числа пролетов над районом можно использовать часть характеристики ширины полосы обзора $\Delta\lambda_\psi$, превышающую целое число межвитковых расстояний [7].

Для анализа возможности получения дополнительных проходов КА над районом потребуется учет дополнительных характеристик трассы полета КА, в частности, суточный сдвиг между одноименными узлами на широте $\Delta\lambda_c = \min\{\Delta\lambda_{ce}, \Delta\lambda_{cw}\}$, где $\Delta\lambda_{ce} = m\Delta\lambda_m$,

$\Delta\lambda_{cw} = (1-m)\Delta\lambda_m$, $m = \left\{ \frac{T_{эф}}{T_\Omega} \right\}$, $\{ \}$ — дробная часть числа, сдвиг на широте между разноименными узлами $\Delta\lambda_{пол} = \min\{\Delta\lambda_{пол e}, \Delta\lambda_{пол w}\}$. Для нахождения восточного и западного сдвигов между разноименными узлами на широте ψ используют формулы:

$$\Delta\lambda_{пол e} = m'\Delta\lambda_m,$$

$$\Delta\lambda_{пол w} = (1-m')\Delta\lambda_m, \quad m' = \left\{ \frac{\pi - \frac{\Delta\lambda_m}{2} - 2\Delta\lambda'}{\Delta\lambda_m} \right\},$$

$$\Delta\lambda' = \arcsin(\operatorname{tg} \psi \operatorname{ctg} i) - \arcsin\left(\frac{\sin \psi}{\sin i}\right) \frac{T_\Omega}{T_{эф}}.$$

Рассмотрим возможности дополнительного прохода КА района на широте ψ по долготе $\Delta\lambda_p$ в n сутках подряд и на k витках в сутки.

Значение ширины ПО $\Delta\lambda_\psi$ существенно различается для широт $\psi \geq i - \varphi_3$ и $\psi < i - \varphi_3$ (см. рис. 1).

Пусть $\psi \geq i - \varphi_3$ (области А, Б, В на рис. 1). В области А $\Delta\lambda_\psi \leq \Delta\lambda_m$ возможно прохождение КА района на одном витке ($k=1$) в течение n суток подряд, если $\Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - (n-1)\Delta\lambda_c$. В области Б $\Delta\lambda_m \leq \Delta\lambda_\psi < 2\Delta\lambda_m$ возможно прохождение КА района на двух последовательных витках ($k=2$) в течение n суток подряд, если $\Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - \Delta\lambda_m - (n-1)\Delta\lambda_c$; в В $2\Delta\lambda_m \leq \Delta\lambda_\psi < 3\Delta\lambda_m$ — на трех последовательных витках ($k=3$) в течение n суток подряд, если $\Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - 2\Delta\lambda_m - (n-1)\Delta\lambda_c$.

Пусть $\psi < i - \varphi_3$ (области Г, Д на рис. 1). В области Г $\Delta\lambda_m \leq \Delta\lambda_\psi < 2\Delta\lambda_m$ гарантировано прохождение КА на двух витках: восходящей и нисходящей ветвях, и дополнительно на восходящей и (или) нисходящей при выполнении условий:

$$k = 3, \text{ если } \Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - \Delta\lambda_m - (n-1)\Delta\lambda_c \text{ или } \Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - \Delta\lambda_m - (n-1)\Delta\lambda_{пол};$$

$$k = 4, \text{ если } \Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - \Delta\lambda_m - (n-1)\Delta\lambda_c \text{ и } \Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - \Delta\lambda_m - (n-1)\Delta\lambda_{пол}.$$

В области Д $\Delta\lambda_\psi \leq \Delta\lambda_m$ возможно прохождение района на восходящей и (или) нисходящей ветвях витка при:

$$k = 1, \text{ если } \Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - (n-1)\Delta\lambda_c \text{ или } \Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - (n-1)\Delta\lambda_{пол};$$

$$k = 2, \text{ если } \Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - (n-1)\Delta\lambda_c \text{ и } \Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - (n-1)\Delta\lambda_{пол}.$$

В общем случае для наблюдения подряд в n сутках на k витках, когда $\psi \geq i - \varphi_3$, необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$\Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - (k-1)\Delta\lambda_m - (n-1)\Delta\lambda_c,$$

где $k = \left[\frac{\Delta\lambda_\psi}{\Delta\lambda_m} \right]$, $[]$ — целая часть числа.

Для $\psi < i - \varphi_3$, при обеспечении прохождения КА $k = 2k' + 2$ или $k = 2k' + 1$ раз в сутки, необходимо, чтобы

$$\Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - (k'-1)\Delta\lambda_m - (n-1)\Delta\lambda_c \text{ и (или) } \Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - (k'-1)\Delta\lambda_m - (n-1)\Delta\lambda_{\text{пол}}, \quad k' = \left[\frac{\Delta\lambda_\psi}{\Delta\lambda_m} \right].$$

Дополнительные прохождения КА над районом возможно обеспечить как каждые сутки подряд, так и через одни сутки, через двое суток и т.д.

Для получения дополнительных данных наблюдения обзора через двое суток, когда $\psi \geq i - \varphi_3$, необходимо выполнение условия $\Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - (k-1)\Delta\lambda_m - (n-1)|2\Delta\lambda_c - \Delta\lambda_m|$, а для случая $\psi < i - \varphi_3$ при $k = 2k' + 2$ или $k = 2k' + 1$ раз в сутки необходимо, чтобы $\Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - (k'-1)\Delta\lambda_m - (n-1)|2\Delta\lambda_c - \Delta\lambda_m|$ и (или) $\Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - (k'-1)\Delta\lambda_m - (n-1)|2\Delta\lambda_{\text{пол}} - \Delta\lambda_m|$.

В общем случае для получения дополнительных данных обзора через l суток в n сутках подряд и на k витках, когда $\psi \geq i - \varphi_3$,

$$\Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - (k-1)\Delta\lambda_m - (n-1)|l\Delta\lambda_c - l'\Delta\lambda_m|,$$

где l' — число межвитковых расстояний, $l' = 0, 1, \dots, l-1$.

Когда $\psi < i - \varphi_3$, обеспечить прохождение КА $k = 2k' + 2$ или $k = 2k' + 1$ раз в сутки через l суток в n сутках подряд возможно при

$$\Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - (k'-1)\Delta\lambda_m - (n-1)|l\Delta\lambda_c - l'\Delta\lambda_m| \text{ и (или)} \\ \Delta\lambda_p \leq \Delta\lambda_\psi - (k'-1)\Delta\lambda_m - (n-1)|l\Delta\lambda_{\text{пол}} - l'\Delta\lambda_m|, \text{ где } l' = 0, 1, \dots, l-1.$$

Из анализа полученных условий следует, что удобные для прохождения района орбиты лежат вблизи квазисинхронных орбит с малым циклом замыкания трассы [7]. Если условия выполняются, может потребоваться сдвиг трассы полета с последующим возвращением на исходную орбиту. Если условия не выполняются, то для обеспечения возможности наблюдения района необходимо перевести КА на орбиту, на которой условия выполняются. Для этого последовательно проходятся квазисинхронные орбиты [8, 9]. Перед началом итерационного процесса в качестве „первых“ орбит принимают ближайšie суточные квазисинхронные орбиты.

Рассмотрим алгоритм получения квазисинхронных орбит. На первом шаге $p' = \left[\frac{T_{\text{эф}}}{T_\Omega} \right]$,

$p'' = p' + 1$, $q' = q'' = 1$, $C' = C'' = 1 = q_1$, если $\frac{T_{\text{эф}}}{T_\Omega} < \frac{p' + p''}{2}$, то $p_1 = p'$. Если $\frac{T_{\text{эф}}}{T_\Omega} > \frac{p' + p''}{2}$, то

$p_1 = p''$. По мере увеличения значения q определяется следующая квазисинхронная орбита. На втором и последующих шагах (когда $s = 2, 3, \dots$) $p_s = p' + p''$, $q_s = q' + q''$, $C_s = C' + C''$, где

$\frac{p_s}{q_s} - q_s$ — суточная квазисинхронная орбита. Если $\frac{T_{\text{эф}}}{T_{\Omega}} < \frac{p_s}{q_s}$, то $p'' = p_s, q'' = q_s, C'' = C_s$.

Если $\frac{T_{\text{эф}}}{T_{\Omega}} > \frac{p_s}{q_s}$, то $p' = p_s, q' = q_s, C' = C_s$.

Итерационный процесс заканчивается, когда ширина ПО становится больше минимального расстояния между узлами $\Delta\lambda_{\psi} \geq \Delta\lambda_{\min} = \frac{2\pi}{p_s}$. В результате получим набор q_s -суточных квазисинхронных орбит $\frac{p_s}{q_s}, s = 1, 2, \dots$. Условия дополнительного прохождения КА заданного района проверяются для каждой полученной орбиты. На рис. 2 представлен пример построения итерационного процесса.

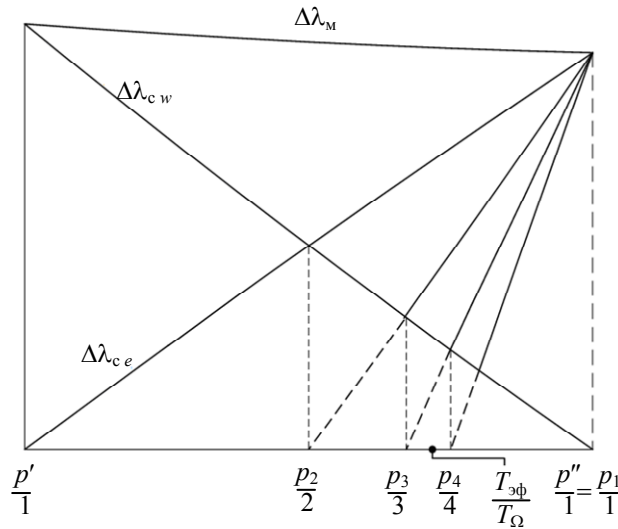


Рис. 2

Таким образом, орбиты с увеличенным числом пролетов над районом поверхности Земли лежат вблизи квазисинхронных орбит с малым циклом замыкания трассы [7]. При движении КА по полученным орбитам число суток n , в которые выполняется прохождение КА над заданным районом, не ограничено.

Полученные условия могут быть реализованы при определенном расположении района относительно полосы обзора КА.

При $\psi \geq i - \varphi_3$ граница района наблюдения должна быть совмещена (рис. 3) с границами полосы обзора $\Delta\lambda_{\psi}$ со стороны направления сдвига (суточного или полусуточного).

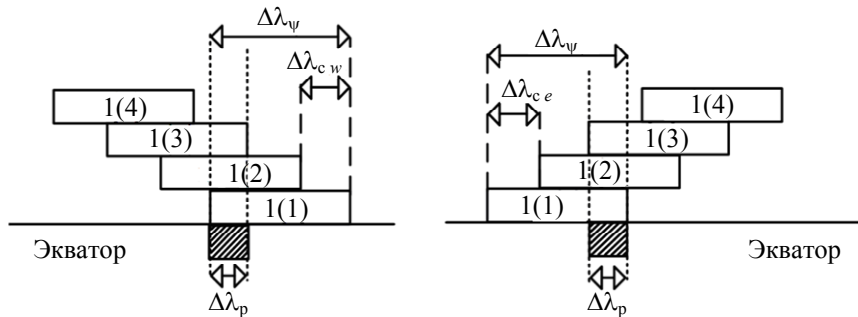


Рис. 3

Когда $\psi < i - \varphi_3$, необходимо отдельно учитывать прохождение КА на восходящей и/или нисходящей ветви витка. Для выполнения условий дополнительного обзора потребуются

перейти на близкую квазисинхронную круговую орбиту, полученную по предложенному алгоритму.

Для перехода между круговыми орбитами в одной плоскости по известным формулам рассчитывается управляющий импульс скорости. Приведем формулы первого и второго импульсов в условиях оптимального межорбитального перехода [6]:

$$\Delta V_1 = \sqrt{\frac{\mu}{r_1}} \left(\sqrt{\frac{2r_2}{r_1+r_2}} - 1 \right), \quad \Delta V_2 = \sqrt{\frac{\mu}{r_2}} \left(1 - \sqrt{\frac{2r_1}{r_1+r_2}} \right),$$

где r_1 и r_2 — радиус исходной и конечной орбит.

Суммарный импульс компланарного межорбитального перехода

$$\Delta V_\Sigma = |\Delta V_1| + |\Delta V_2|.$$

Покажем работоспособность полученных зависимостей для района, заданного значениями верхней и нижней широты $\psi \in [16^\circ, 19^\circ]$ и ограниченного левой и правой долготой

$\lambda \in [30^\circ, 33^\circ]$. Оценим для исходной квазисинхронной круговой орбиты $i = 67^\circ$, $\frac{T_{\text{эф}}}{T_\Omega} = \frac{83}{6}$,

$\phi_3 = 13,5^\circ$. Ширина полосы обзора на верхней и нижней широте составит $\Delta\lambda_\psi \approx 30^\circ$. Для исходной орбиты получили 14 пролетов над заданным районом за 6 суток, или 2 пролета в сутки и 2 дополнительно за 6 суток, за счет превышения $\Delta\lambda_\psi$ на широте над межвитковым рас-

стоянием $\Delta\lambda_m$. С использованием итерационного алгоритма получена орбита $\frac{T_{\text{эф}}}{T_\Omega} = \frac{14}{1}$, на

которой обеспечивается 24 пролета за 6 суток, или 2 пролета в сутки и 2 дополнительно в сутки, на восходящей и нисходящей ветвях, т.е. на орбите $\frac{T_{\text{эф}}}{T_\Omega} = \frac{14}{1}$ получено на 10 пролетов

больше, что соответствует двукратному увеличению по сравнению с числом пролетов на исходной орбите $\frac{T_{\text{эф}}}{T_\Omega} = \frac{83}{6}$. Оценим значение управляющего импульса скорости для перехода с

орбиты $\frac{T_{\text{эф}}}{T_\Omega} = \frac{83}{6}$ на орбиту $\frac{T_{\text{эф}}}{T_\Omega} = \frac{14}{1}$. Переход осуществляется двухимпульсным маневром,

суммарное значение управляющего импульса скорости составляет $\Delta V_\Sigma = 29,5$ м/с.

Таким образом, предложенные зависимости позволяют достаточно оперативно оценивать возможности прохождения КА над локальными районами поверхности Земли, обосновывать орбиты, при движении по которым обеспечивается увеличение числа наблюдений по сравнению с исходной, и рассчитывать значение управляющего импульса скорости на маневр КА для изменения параметров исходной орбиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов С. А., Кубасов И. Ю., Селин В. А. Расчет баллистической структуры системы космических аппаратов периодического обзора поверхности Земли // Тр. ВКА им. А.Ф. Можайского. 2010. Вып. 627. С. 129—131.
2. Баринев К. Н., Бурдаев М. Н., Мамон П. А. Динамика и принципы построения орбитальных систем космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1975. 232 с.
3. Власов С. А., Кульвиц А. В., Кубасов И. Ю., Мосин Д. А. Баллистическое проектирование систем космических аппаратов: Уч. пособие. СПб: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2007. 86 с.

4. Разумный Ю. Н. Синтез орбитальных структур спутниковых систем периодического обзора. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. 104 с.
5. Коваленко А. Ю. Анализ структурной устойчивости разнородной системы КА // Тр. СПИИРАН. 2014. № 4(35). С. 108—116.
6. Власов С. А., Кубасов И. Ю., Селин В. А. Выбор баллистической структуры системы космических аппаратов дистанционного зондирования Земли // Тр. ВКА им. А.Ф. Можайского. 2010. Вып. 625. С. 76—80.
7. Аверкиев Н. Ф., Власов С. А., Салов В. В., Киселев В. В. Маневрирование космическим аппаратом с целью улучшения характеристик наблюдения района поверхности Земли // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 10. С. 157—166.
8. Коваленко А. Ю. Баллистическое проектирование разнородной системы КА с заданным циклом замыкания трассы // Тр. СПИИРАН. 2015. № 3(40). С. 45—54.
9. Власов С. А., Кульвиц А. В., Киселев В. В. Алгоритм расчета характеристик применения космических аппаратов для наблюдения объектов в околоземном космическом пространстве // Тр. ВКА им. А.Ф. Можайского. 2014. № 645. С. 88—92.
10. Власов С. А., Мамон П. А. Теория полета космических аппаратов. СПб: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2007. 435 с.

Сведения об авторах

- Николай Федорович Аверкиев** — д-р техн. наук, профессор; ВКА им. А. Ф. Можайского, кафедра навигационно-баллистического обеспечения применения космических средств и теории полетов летательных аппаратов;
E-mail: averkievnf@yandex.ru
- Сергей Александрович Власов** — канд. техн. наук, доцент; ВКА им. А. Ф. Можайского, кафедра навигационно-баллистического обеспечения применения космических средств и теории полетов летательных аппаратов
- Вячеслав Викторович Салов** — канд. техн. наук, доцент; ВКА им. А. Ф. Можайского, кафедра навигационно-баллистического обеспечения применения космических средств и теории полетов летательных аппаратов
- Вячеслав Владимирович Киселев** — адъюнкт; ВКА им. А. Ф. Можайского, кафедра навигационно-баллистического обеспечения применения космических средств и теории полетов летательных аппаратов;
E-mail: kiselev24.07.86@mail.ru

Рекомендована кафедрой навигационно-баллистического обеспечения применения космических средств и теории полетов летательных аппаратов

Поступила в редакцию 04.05.16 г.

Ссылка для цитирования: Аверкиев Н. Ф., Власов С. А., Салов В. В., Киселев В. В. Маневрирование космическим аппаратом с целью улучшения характеристик наблюдения локального района поверхности Земли // Изв. вузов. Приборостроение. 2016. Т. 59, № 10. С. 835—842.

**MANEUVERING SPACECRAFT
TO IMPROVE OBSERVATION CHARACTERISTICS OF LOCAL AREA OF THE EARTH SURFACE**

N. F. Averkiev, S. A. Vlasov, V. V. Salov, V. V. Kiselev

*A. F. Mozhaysky Military Space Academy, 197198, St. Petersburg, Russia
E-mail: kiselev24.07.86@mail.ru*

The problem of maneuvering spacecraft to change the orbit in such a way as to multiply the number of the spacecraft passes over a local area on the Earth surface is considered. Conditions of additional observation of the area are derived, and an algorithm is developed for determining the spacecraft orbits parameters providing an improvement of observation characteristics. An example is presented demonstrating the orbit parameters determination with the use of revealed dependences, and the costs of the spacecraft maneuvering are estimated.

Keywords: quasi-synchronous orbit, swath width latitude, spacecraft maneuvering

Data on authors

- Nikolay F. Averkiev** — Dr. Sci., Professor; A. F. Mozhaysky Military Space Academy, Department of Navigation and Ballistic Support in Aerospace Means Application and Aircraft Flight Theory; E-mail: averkievnf@yandex.ru
- Sergey A. Vlasov** — PhD, Associate Professor; A. F. Mozhaysky Military Space Academy, Department of Navigation and Ballistic Support in Aerospace Means Application and Aircraft Flight Theory
- Vyacheslav V. Salov** — PhD, Associate Professor; A. F. Mozhaysky Military Space Academy, Department of Navigation and Ballistic Support in Aerospace Means Application and Aircraft Flight Theory
- Vyacheslav V. Kiselev** — Adjunct; A. F. Mozhaysky Military Space Academy, Department of Navigation and Ballistic Support in Aerospace Means Application and Aircraft Flight Theory; E-mail: kiselev24.07.86@mail.ru

For citation: *Averkiev N. F., Vlasov S. A., Salov V. V., Kiselev V. V. Maneuvering spacecraft to improve observation characteristics of local area of the Earth surface // Izv. vuzov. Priborostroenie. 2016. Vol. 59, N 10. P. 835—842 (in Russian).*

DOI: 10.17586/0021-3454-2016-59-10-835-842